

Afvoerrelaties klepstuwen op de samenvloeiing van de Veengoot en de Van Heeckerenbeek

W. Boiten

RAPPORT 53

Februari 1995

**Vakgroep Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen**

ISSN 0926-230X

442976

Inhoud

Lijst van figuren en tabellen

Symbolen en eenheden

1.	Inleiding	1
2.	Beschrijving van de klepstuwen	1
3.	Aanbevolen afvoerrelaties van de klepstuwen	2
4.	Nauwkeurigheid van de afvoerbepaling	3
5.	Conclusies en aanbevelingen	4

Tabellen

Figuren

Symbolen en eenheden

a	breedte van een ophangarm, inclusief speling	m
A	contractiefactor ophangarm	-
b	effectieve afvoerende breedte	m
b _o	breedte tussen de ophangarmen	m
b _{ca}	breedte verlies t.g.v. de ophangarm	m
B	dagmaat tussen de betonwanden	m
C _D	karacteristieke afvoercoëfficiënt	-
C _v	coëfficiënt voor de aanloopsnelheid	-
F	natte oppervlakte dwarsdoorsnede in de h ₁ -meetraai	m ²
g	versnelling van de zwaartekracht	m/s ²
h ₁	overstorthoogte	m
H ₁	energiehoogte	m
n _a	aantal ophangarmen	-
Q	debiet	m ³ /s
v ₁	gemiddelde stroomsnelheid in de h ₁ -meetraai	m/s
x en ij	maten van de paraboolvormige klepkruin	m
X _b	fout in de effectieve breedte b	‰
X _c	fout in de afvoercoëfficiënt C _D	‰
X _{bc}	gecombineerde fout in b en C _D	‰
X _h	fout in de overstorthoogte h ₁	‰
X _Q	fout in het debiet Q	‰
δ _h	absolute fout in de bepaling van h ₁	(m)

Lijst van figuren en tabellen

Figuren

1. Verband tussen klephoek en kruinhoogte voor de klepstuw in de Veengoot.
2. Verband tussen klephoek en kruinhoogte voor de klepstuw in de Van Heeckerenbeek.

Tabellen

- I. Het debiet als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek voor de klepstuw in de Veengoot.
- II. Het debiet als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek voor de klepstuw in de Van Heeckerenbeek.
- III. De factor a als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek voor de klepstuw in de Veengoot.
- IV. De factor a als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek voor de klepstuw in de Van Heeckerenbeek.

Afvoerrelaties klepstuwen op de samenvloeiing van de
Veengoot en de Van Heeckerenbeek.

1. Inleiding

Op 20 september 1994 verleende het Waterschap IJsselland-Baakse Beek te Ruurlo per brief 9400817 opdracht aan de vakgroep Waterhuishouding van de Landbouwniversiteit tot het opstellen van een afvoerrelatie voor de klepstuwen op het punt van de samenvloeiing van de Veengoot en de Van Heeckerenbeek.

Dit advieswerk is conform punt 1 van de op 31 augustus 1994 uitgebrachte offerte 508/375 WB/hw.

Voorafgaande aan het huidige advies is driemaal overleg gevoerd over het waterhuishoudkundig systeem - de waterbalans - van het beheersgebied. Daarin spelen de beide klepstuwen een belangrijke rol.

De afvoerrelaties van de beide vrijwel identieke klepstuwen zijn opgesteld met behulp van literatuurgegevens voor debieten $Q \leq 15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Het advies is opgesteld door ing. W. Boiten.

2. Beschrijving van de klepstuwen

Beide klepstuwen zijn in de volgende opzichten identiek:

- de dagmaat tussen de betonwanden bedraagt $B = 4.01 \text{ m}$
- er is een tweezijdige ophanging met rechthoekige ophangarmen, waartussen een breedte $b_0 = 3.69 \text{ m}$. De gemiddelde breedte van een ophangarm is inclusief de speling tussen klep en betonwand, $a = 0.16 \text{ m}$
- de kruinvorm is parabolisch, type P2 met paraboolmaten $x = 371 \text{ mm}$ en $ij = 320 \text{ m}$
- op de kruin bevinden zich geen stoorelementen
- de afvoer over de klepstuwen is ongestuwd

Beide stuwen verschillen van elkaar in de volgende opzichten:

- het verband tussen klephoek en kruinhoogte. Het verschil wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door verschillen in peilbeheer op beide watergangen.

Fig. 1 geeft de relatie klephoek-kruinhoogte voor de klepstuw in de Veengoot.

Fig. 2 geeft dit verband voor de klepstuw in de van Heeckerenbeek.

Beide relaties zijn mede gebaseerd op een door het Waterschap uitgevoerde waterpassing.

In de figuren 1 en 2 zijn ook de peilvariaties aangegeven.

- de geometrie van de dwarsprofielen, waarin de bovenwaterstanden worden gemeten. De maatvoering is ontleend aan de ligger-gegevens van de beide watergangen.

Door deze -overigens geringe- verschillen is de afvoercapaciteit van de klepstuw in de Veengoot ten hoogste 3% groter dan die in de Van Heeckerenbeek bij de opgegeven waterpeilen.

De maximale afvoer over beide klepstuwen is ruim aangehouden op $Q=15 \text{ m}^3/\text{s}$. Voor hoge afvoeren is de berekende maatgevende afvoer bekend, en kunnen de afvoeren van december 1993, afgeleid uit de toen gemeten waterstanden en kruinstanden, als vrij extreem worden beschouwd.

	klepstuw Veengoot	klepstuw Van Heeckerenbeek
maatgevende afvoer $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	6.1	8.0
december 1993:		
- waterstand (m NAP)	16.35	16.00
- stuwstand (m NAP)	<u>15.45</u>	<u>14.98</u>
- oversteighoogte h_1 (m)	0.90	1.02
- globale klephoek	58°	62°
- debiet $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	7.5	9.1

3. Aanbevolen afvoerrelatie van de klepstuwen

De berekeningsmethode is gebaseerd op de volgende afvoerformule

$$Q = (\%)^{3/2} \cdot (g)^{1/2} \cdot (B - b_{ca}) \cdot C_D \cdot C_v \cdot h_1^{1.50}$$

Hierin zijn:

Q debiet (m^3/s)

g versnelling van de zwaartekracht $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
de numerieke constante is $(\%)^{3/2} \cdot (g)^{1/2} = 1.705 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$

B dagmaat voor beide stuwen $B = 4.01 \text{ m}$

b_{ca} breedte verlies ten gevolge van de ophangarmen (m)
 $b_{ca} = A \cdot n_a \cdot a$ met

A contractiefactor als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α , waarbij A wordt ontleend aan literatuurgegevens. De variatie is $0 < A < 1$.

n_a aantal ophangarmen, in dit onderzoek is $n_a = 2$

a breedte ophangarm, inclusief de spelling, $a = 0.16 \text{ m}$

In dit onderzoek wordt $b_{ca} = 0.32 A$

C_D karakteristieke afvoercoëfficiënt (-)

Deze wordt eveneens ontleend aan literatuurgegevens. De variatie is $0.90 < C_D < 1.35$

C_v coëfficiënt voor de aanloopsnelheid (-)

$$C_v = (H_1/h_1)^{1.50} \text{ met } H_1 = h_1 + \frac{(\bar{v}_1)^2}{2g} \text{ en } \bar{v}_1 = Q/F$$

H_1 energiehoogte (m)

\bar{v}_1 gemiddelde snelheid in de h_1 -meetraai (m/s)

F natte oppervlakte dwarsdoorsnede in de h_1 -meetraai (m²)

De coëfficiënt C_v wordt berekend via een kort iteratie-proces. De variatie in de onderzoek is $1.00 < C_v < 1.05$.

De afvoerrelaties van beide klepstuwen zijn met deze berekeningsmethode opgesteld. De bereiken per klephoek zijn gebaseerd op de relaties klephoek-kruinhoogte en de opgegeven peilen (fig. 1 en fig. 2).

De aan de literatuur ontleende gegevens zijn de contractiefactor A voor rechthoekige ophangarmen en de karakteristieke afvoercoëfficiënt C_D voor parabolvormige klepkruinen, type P2.

De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in de volgende tabellen:

Tabel I Het debiet als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Veengoot.

Tabel II het debiet als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Van Heeckerenbeek.

Ten behoeve van het interpolerend berekenen van debieten voor tussengelegen klephoeken en tussengelegen overstorthoogten is de factor $a = Q/h_1^{1.50}$ vermeld in de volgende tabellen:

Tabel III De factor a als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Veengoot

Tabel IV De factor a als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de van Heeckerenbeek.

4. Nauwkeurigheid van de afvoerbepaling

De grootst te verwachten fout in de afleiding van het debiet volgens de in par. 3 gegeven afvoerformule wordt als volgt geschreven:

$$X_Q = \sqrt{X_b^2 + X_c^2 + (1.5X_h)^2}$$

Hierin zijn:

X_b de fout in de effectieve breedte $b = B - b_{ca}$

X_c de fout in de karakteristieke afvoercoëfficiënt C_D , inclusief de onbetrouwbaarheid in de coëfficiënt C_v

X_h de fout in de overstorthoogte h_1

$X_h = 100 h_1 / \delta_h$ waarin δ_h de absolute fout in h_1 voorstelt. Bij zorgvuldig meten kan deze fout als volgt variëren

$$0,003\text{m} < \delta_h < 0,005 \text{ m.}$$

Als de fouten X_b en X_c gemakshalve worden gecombineerd tot $X_{bc} = 3\%$, dan kunnen de fouten X_Q als volgt variëren (waarbij als minimum waarde wordt aangenomen $X_Q = 5\%$).

overstorthoogte h_1 (m)	fout X_Q bij diverse δ_h -waarden		
	$\delta_h = 0.003 \text{ m}$	$\delta_h = 0.004 \text{ m}$	$\delta_h = 0.005 \text{ m}$
0.05	9.5	12.4	15.3
0.10	5.4	6.7	8.1
0.15	5.0	5.0	5.8
0.20	5.0	5.0	5.0

Voor grotere overstorthoogten geldt $X_Q = 5\%$.

5. Conclusies en aanbevelingen

- . De afvoerrelaties voor de klepstuwen in de Veengoot en de Van Heeckerenbeek zijn vastgesteld met behulp van lieteratuurgegevens
De tabellen I en II geven de afvoerrelaties.
Terwille van het interpreteren voor tussengelegen klephoeken en overstorthoogtes zijn de factoren $a = Q/h_1^{1.60}$ gegeven in de tabellen III en IV.
- . De fout in de afleiding van het debiet bedraagt $X_Q = 5\%$ voor over-

storthoogten $h_1 > 0.12$ á 0.18 m. Voor debieten uit overstorthoogte $h_1 < 0.12$ á 0.18 m loopt de fout X_0 snel op.

In de praktijk zullen de grootste systematische fouten in de debietbepaling worden gemaakt bij de lagere afvoeren, als gevolg van het gedeeltelijk blokkeren van de doorstroombreedte boven de kruin: hout voor de kruin en maaisel langs de ophangarmen. Het verdient aanbeveling de stuwen met grote regelmaat te inspecteren op dit euvel, en ze zonodig schoon te maken.

Nalatigheid leidt altijd tot overschatting van de debieten.

klephoek α							
h_1 (m)	27°.30'	45°	52°.30'	60°	67°.30'	75°	80°
0.03	0.030	0.031					
0.05	0.066	0.068					
0.10	0.198	0.201					
0.15	0.377	0.381	0.398				
0.20	0.593	0.602	0.636				
0.25		0.866	0.916				
0.30		1.170	1.235				
0.35		1.512	1.590				
0.40		1.893	1.978	2.057			
0.45		2.313	2.397	2.483			
0.50			2.847	2.943			
0.55			3.327	3.427			
0.60			3.833	3.944			
0.65			4.372	4.482			
0.70			4.934	5.047	5.081		
0.75				5.629	5.674		
0.80				6.242	6.284		
0.85				6.878	6.924		
0.90				7.582	7.578		
0.95				8.199	8.263		
1.00					8.960		
1.05					9.677	9.634	
1.10					10.401	10.331	
1.15					11.133	11.038	
1.20					11.901	11.741	
1.25					12.690	12.462	11.804
1.30						13.193	12.477
1.35						13.949	13.157
1.40						14.699	13.808
1.45						15.457	14.533
1.50						16.227	15.258

Het debiet als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Veengoot.

Tabel I

klephoek α							
h_1 (m)	27°.30'	45°	52°.30'	60°	67°.30'	75°	80°
0.03	0.030	0.031					
0.05	0.066	0.068					
0.10	0.198	0.201					
0.15	0.377	0.381					
0.20	0.592	0.602					
0.25		0.866	0.915				
0.30		1.168	1.234				
0.35		1.508	1.588				
0.40		1.891	1.976				
0.45		2.308	2.394				
0.50			2.844	2.929			
0.55			3.320	3.412			
0.60			3.824	3.922			
0.65			4.357	4.457			
0.70			4.911	5.013			
0.75				5.598			
0.80				6.200	6.207		
0.85				6.824	6.831		
0.90				7.469	7.486		
0.95				8.134	8.153		
1.00					8.840		
1.05					9.536		
1.10					10.250		
1.15					10.982	10.786	
1.20					11.727	11.459	
1.25					12.490	12.176	
1.30						12.903	
1.35						13.626	12.753
1.40						14.374	13.431
1.45						15.131	14.116
1.50						15.877	14.836

Het debiet als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Van Heeckerenbeek

Tabel II

klephoek α							
h_1 (m)	27°.30'	45°	52°.30'	60°	67°.30'	75°	80°
0.03	8.23	8.44					
0.05	8.01	8.25					
0.10	7.90	8.01					
0.15	7.84	7.93	8.29				
0.20	7.79	7.91	8.35				
0.25		7.96	8.42				
0.30		8.03	8.48				
0.35		8.11	8.53				
0.40		8.20	8.57	8.91			
0.45		8.30	8.60	8.91			
0.50			8.63	8.92			
0.55			8.66	8.92			
0.60			8.68	8.93			
0.65			8.71	8.93			
0.70			8.73	8.93	8.99		
0.75				8.92	8.99		
0.80				8.92	8.98		
0.85				8.92	8.98		
0.90				8.91	8.97		
0.95				8.90	8.97		
1.00					8.96		
1.05					8.95	8.91	
1.10					8.93	8.87	
1.15					8.90	8.83	
1.20					8.89	8.77	
1.25					8.88	8.72	8.26
1.30						8.67	8.20
1.35						8.63	8.14
1.40						8.58	8.06
1.45						8.53	8.02
1.50						8.48	7.98

$$Q = a \cdot h_1^{1.60}$$

De factor a als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Veengoot.

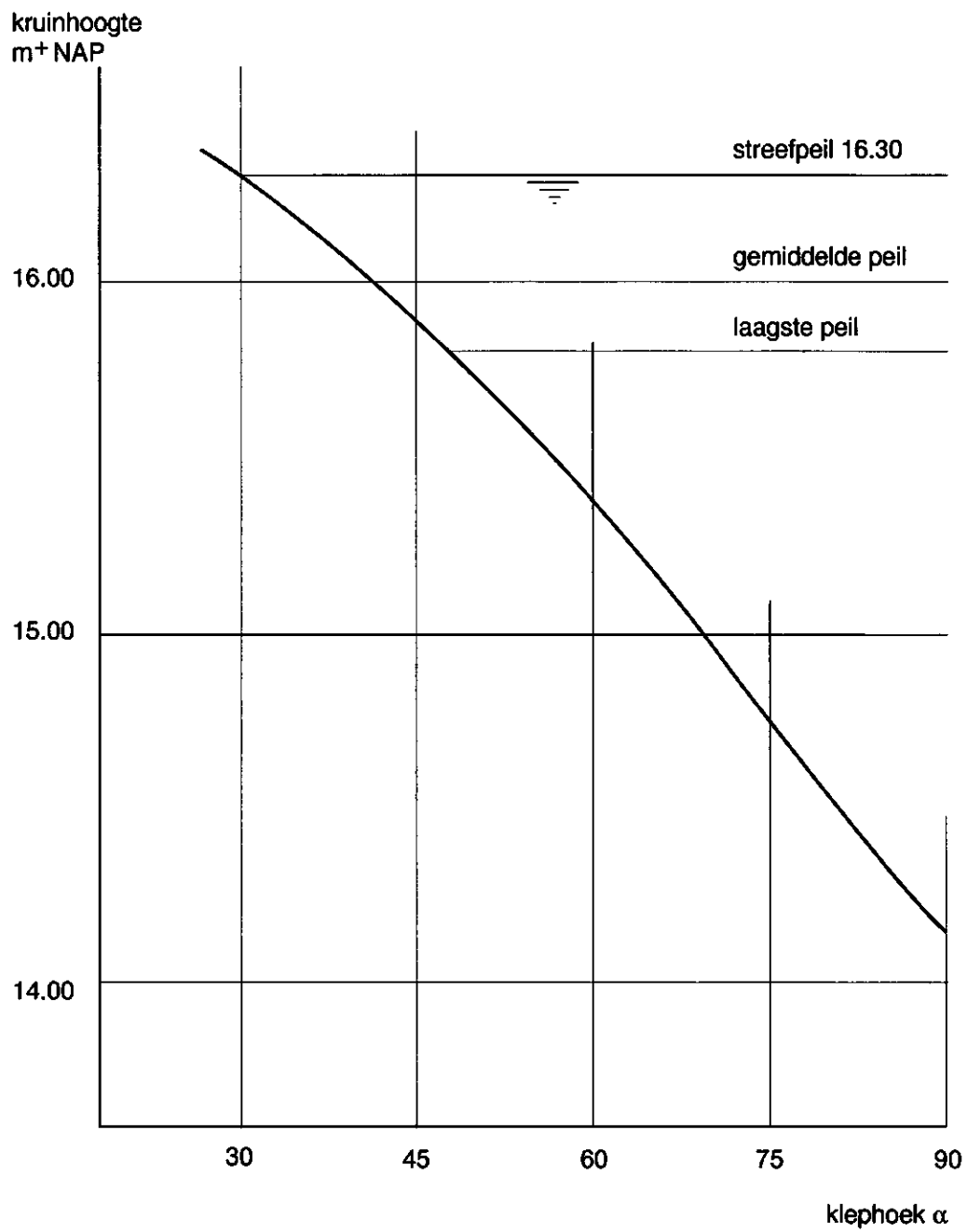
Tabel III

klephoek α							
h_1 (m)	27°.30'	45°	52°.30'	60°	67°.30'	75°	80°
0.03	8.23	8.44					
0.05	8.01	8.25					
0.10	7.90	8.01					
0.15	7.84	7.93					
0.20	7.78	7.91					
0.25		7.96	8.41				
0.30		8.02	8.47				
0.35		8.09	8.52				
0.40		8.19	8.56				
0.45		8.28	8.59				
0.50			8.62	8.88			
0.55			8.64	8.88			
0.60			8.66	8.88			
0.65			8.68	8.88			
0.70			8.69	8.87			
0.75				8.87			
0.80				8.86	8.87		
0.85				8.85	8.86		
0.90				8.84	8.86		
0.95				8.83	8.85		
1.00					8.84		
1.05					8.82		
1.10					8.80		
1.15					8.78	8.61	
1.20					8.76	8.56	
1.25					8.74	8.52	
1.30						8.48	
1.35						8.43	7.89
1.40						8.39	7.84
1.45						8.35	7.79
1.50						8.30	7.75

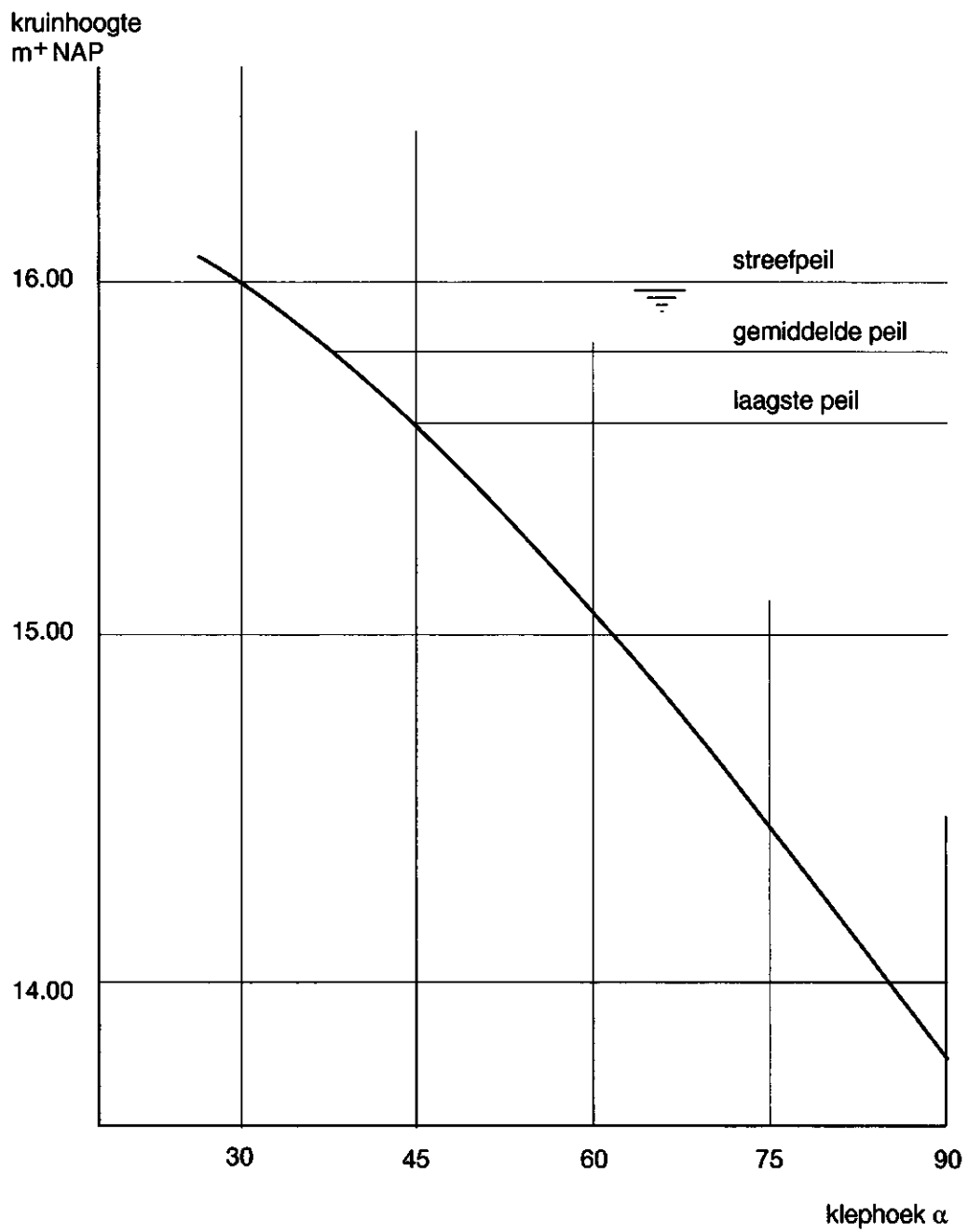
$$Q = a \cdot h_1^{1.60}$$

De factor a als functie van de overstorthoogte h_1 en de klephoek α voor de klepstuw in de Van Heeckerenbeek.

Tabel IV



Figuur 1. Verband tussen klephoek en kruinhoogte voor de klepstuw in de Veengoot



Figuur 2. Verband tussen klephoek en kruinhoogte voor de klepstuw in de van Heeckerenbeek